

А. О. Хворостухин, И. К. Доманская

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

i.k.domanskaya@urfu.ru

## ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДОСТОЙКИХ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ ВЕЩЕСТВ

*Показана возможность замены извести строительной, используемой при получении бесцементных водостойких гипсовых вяжущих, высококальциевой золой уноса ТЭС. Количество золы, необходимое для замены извести, можно определить путем замера и сопоставления показателей pH водных суспензий гипсоизвестково-шлаковых и гипсоизвестково-зольных вяжущих. В случае совпадения pH суспензий, разница в прочности соответствующих затвердевших вяжущих не превышает 3–5 %.*

*Ключевые слова: водостойкие гипсовые вяжущие; доменный шлак, известь; высококальциевая зола-унос; прочность; активность ионов водорода.*

A. O. Khvorostukhin, I. K. Domanskaya

Ural Federal University, Ekaterinburg

## IMPROVING ENVIRONMENTAL EFFICIENCY OF WATER-RESISTANT GYPSUM BINDERS

*The possibility of replacing construction lime used in the preparation of cementless, water-resistant gypsum binders with high calcium fly ash of thermal power plants is shown. The amount of ash needed to replace lime can be determined by measuring and comparing the pH of aqueous suspensions of gypsum-lime-slag and gypsum-lime-ash binders. If the pH of the suspensions coincides, the difference in strength of the respective hardened binders does not exceed 3–5 %.*

*Key words: water-resistant gypsum binders; blast furnace slag; lime; high calcium fly ash; strength; activity of hydrogen ions.*

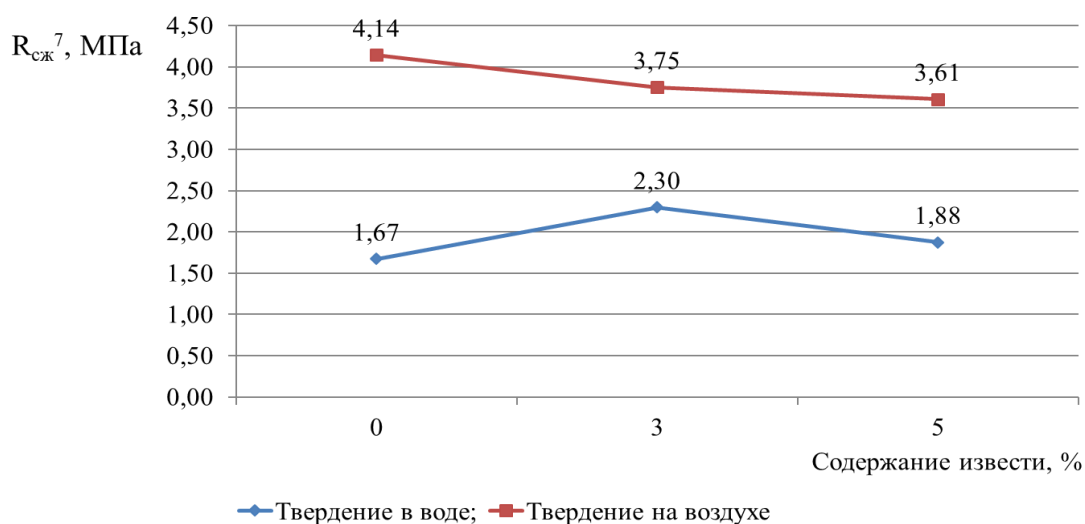
Гипсовые вяжущие с повышенной водостойкостью были разработаны еще в середине прошлого века, однако не получили

широкого распространения. В настоящее время интерес к ним возрождается в связи с необходимостью создания альтернативы портландцементу, технология которого является разрушительной для окружающей среды [1].

Гипсоизвестково-шлаковые вяжущие (ГИШВ) – одна из разновидностей водостойких смешанных гипсов, которая была разработана сотрудниками Уральского политехнического института (УПИ, сейчас – УрФУ). В качестве гидравлической добавки уральская научная школа предложила использовать не портландцемент, широко используемый в составе подобных вяжущих [2–4], а тонкоизмельченную смесь доменного шлака и извести [5, 6]. Поэтому бесцементный ГИШВ можно рассматривать как перспективный материал для «зеленого» строительства [7].

В то же время технология производства извести тоже является ресурсо- и энергозатратной: удельный расход карбонатного сырья составляет 1,6–2,9 т на 1 т извести, а количество потребляемого тепла достигает 3,2 ГДж [8]. Следовательно, для повышения экологической эффективности ГИШВ целесообразно заменить строительную известь техногенным сырьем.

В данной работе в качестве щелочного компонента вместо извести использовали высококальциевую золу-унос (ВКЗ) от сжигания бурых углей на Березовской ГРЭС (Красноярский край), содержащую 15 % свободного оксида кальция. В качестве исходного сырья использовали также: строительный гипс Г-4БП (ГОСТ 125–79) производства ОАО «Свердловский завод гипсовых изделий»; кальциевую строительную известь 2 сорта (ГОСТ 9179–77) производства ООО «Урализвесть»; доменный гранулированный шлак ПАО «ЧМК» с коэффициентом качества  $K=1,51$  и модулем основности 0,72. Соотношение гипсового вяжущего и гидравлической добавки (шлак + известковый компонент) оставалось неизменным и составляло 70:30. Зависимость прочности затвердевшего ГИШВ от содержания извести представлена на рисунке.



### Влияние извести на прочность затвердевшего ГИШВ

Основное назначение известкового компонента — активизация доменного шлака, образующего в результате пуццолановой реакции низкоосновные гидросиликаты кальция, повышающие водостойкость затвердевшего гипса. Поэтому важно оценить степень щелочности жидкой фазы, формирующийся при затворении водой смешанного гипсового вяжущего, в зависимости от количества извести.

Для этого определяли активность ионов водорода (показатель pH) водной суспензии ГИШВ с помощью pH-метра МУЛЬТИТЕСТ ИПЛ-311. Для затворения вяжущих применяли дистиллированную воду. Содержание твердой фазы в суспензии составляло 10 %. Полученные результаты представлены в таблице.

Изменение активности ионов водорода в зависимости от содержания извести в составе гипсового вяжущего

Содержание извести в составе ГИШВ, %	Показатель pH	Температура раствора, °C	
		начальная	конечная
—	7,200	19,7	20,5
1	11,960	20,3	22,3
3	12,096	20,5	22,4
5	12,180	20,4	22,5

Полученная зависимость позволила определить количество ВКЗ, необходимое для замены строительной извести в составе смешанного гипсового вяжущего. При достижении одинаковых значений pH гипсоизвестково-шлаковых и гипсоизвестково-зольных суспензий прочность соответствующих затвердевших вяжущих оказалась, практически, одинаковой: в присутствии золы она была меньше на 3 % по сравнению с аналогичным составом, содержащим строительную известь.

Таким образом, замена извести на ВКЗ в составе смешанных водостойких гипсовых вяжущих будет способствовать, с одной стороны, сохранению природных ресурсов, с другой – утилизации высокощелочного промышленного отхода.

#### Список использованных источников

1. Juengera M. C. G., Winnefeldb F., Provise J. L., Idekerd J. H. Advances in alternative cementitious binders // *Cement and concrete research*. 2011. Vol. 41. P. 1232–1243.
2. Коровяков В. Гипсовые вяжущие и их применение в строительстве // *Российский химический журнал*. 2003. Т. XLVII, № 4. С. 18–25.
3. Аласханов А. Х., Алиев С. А., Муртазаев С.-А. Ю., Успанова А. С. Рецептура водостойких композиционных гипсовых вяжущих с компонентами техногенного происхождения // *Вестник ДГТУ. Технические науки*. 2015. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/retseptura-vodostoykih-kompozitsionnyh-gipsovyh-vyazhuschih-s-komponentami-tehnogennogo-proishozhdeniya> (дата обращения: 13.11.2018).
4. Твердение и деструкция гипсоцементных композиционных материалов / Ф. Ф. Алкснис. Л. : Стройиздат, 1988. 103 с.
5. Применение гипсобетонных блоков в жилищном строительстве / А. А. Антипин. Уфа : Башкнигоиздат, 1959. 81 с.
6. Рябоконь Л. И., Беднягин С. В., Доманская И. К. Гипсоизвестково-шлаковые вяжущие и бетоны на их основе // *Строительные материалы*. 2016. № 7. С. 21–24.
7. Domanskaya I., Bednyagin S., Fisher H. B. Water-resistant gypsum binding agents and concretes based thereof as promising materials for building green // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018. 177 (1), [012029]. DOI: 10.1088/1755-1315/177/1/012029L
8. ИТС 7-2015. Производство извести. Введ. 2016-07-01. М. : Бюро НДТ, 2015. 125 с.